



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 543**

51 Int. Cl.:
C12M 1/113 (2006.01)
C12M 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07702423 .0**
96 Fecha de presentación : **02.02.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1979464**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **Dispositivo y proceso para producir biogás a partir de materia orgánica.**

30 Prioridad: **03.02.2006 DE 10 2006 005 066**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.05.2011

73 Titular/es: **ELTAGA LICENSING GmbH**
Nymphenburger Strasse 42
80335 München, DE

72 Inventor/es: **Perske, Günter**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y proceso para producir biogás a partir de materia orgánica

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para producir biogás a partir de materiales orgánicos, que posee una cámara de llenado donde se introducen los materiales orgánicos y un canal de retorno para evacuar, al menos parcialmente, los materiales orgánicos del reactor de biogás.

La presente invención se refiere asimismo a un proceso producir biogás.

10 En la generación de biogás se usan bacterias anaeróbicas para descomponer materia orgánica que ya no está en contacto con el organismo vivo y convertirla en gas. Las bacterias anaeróbicas son el último eslabón del ciclo natural y en la naturaleza se encuentran por todas partes, p.ej. en los estómagos de los rumiantes o en el barro negro de los mares y ciénagas. En la fermentación anaeróbica hay que distinguir primero entre bacterias metanogénicas facultativas y estrictas. Los materiales orgánicos que sirven de materia prima para la fermentación anaeróbica provienen por ejemplo de sustancias o residuos orgánicos de la industria, de la comida, del comercio, de la agricultura (abono semilíquido y estiércol) o de materias primas renovables (ensilado de maíz, de hierba y otras plantas cortas). Estos materiales orgánicos constan principalmente de hidratos de carbono, grasas y albuminoides. Las bacterias metanogénicas facultativas también pueden vivir con oxígeno y en una primera fase acondicionan la materia orgánica y la descomponen en alcoholes, ácidos grasos y sus sales.

Esta primera fase de acondicionamiento se designa como acidogénica o hidrolítica. En una segunda fase las bacterias metanogénicas estrictas transforman en gas los alcoholes, los ácidos grasos y sus sales. Esta segunda fase se designa como metanogénica. Entre la primera y la segunda fase hay un desfase de unas seis horas. Durante las primeras seis horas transcurre la llamada fase hidrolítica.

La fig. 1 muestra un diagrama que representa el curso general de la fermentación natural. Este diagrama representa concretamente el porcentaje de descomposición de una sustancia orgánica seca (SOS) dependiendo de los días transcurridos (línea continua). Ahí puede verse que durante los veinte primeros días el proceso de descomposición de la sustancia seca es muy lento. Como en todos los residuos orgánicos, si el aporte de nutrientes es el adecuado, las pocas bacterias presentes se desarrollan en proporción logarítmica (línea de trazos). La masa orgánica se descompone y se transforma en gas según la misma proporción en que se desarrollan las bacterias. Si bien lo deseable es que se descomponga un 70 por ciento de la sustancia orgánica seca, según el diagrama de la fig. 1 esto solo se consigue al cabo de unos 40 días mediante el proceso de fermentación natural. Las plantas de biogás tienen por objeto crear un ambiente de fermentación orgánica que acelere notablemente el proceso.

A través de la patente DE 30 10 183 A1 se conoce un dispositivo de este tipo y un proceso para la generación de biogás. Este dispositivo comprende las características de los términos generales de las reivindicaciones 1 y 13, pero solo permite alcanzar un porcentaje demasiado bajo de la descomposición potencial de la sustancia orgánica seca y por tanto una producción de gas demasiado pequeña.

Por tanto la presente invención tiene por objeto perfeccionar el dispositivo genérico y el proceso para la producción de biogás, con el fin de lograr un rendimiento superior.

45 Este objetivo se resuelve mediante las características de las reivindicaciones independientes.

En las reivindicaciones dependientes se indican formas de ejecución y desarrollos ventajosos de la presente invención.

50 El dispositivo de generación de biogás según la presente invención, basado en el estado técnico genérico, se caracteriza porque el reactor de biogás posee también, al menos, una cámara intermedia, de manera que la cámara de llenado, las dos - como mínimo - cámaras intermedias y el canal de retorno constituyen por este orden las secciones de una vía de flujo unidireccional para los materiales orgánicos, y de manera que de dos secciones sucesivas una forma una vía de flujo ascendente y la otra una vía de flujo descendente. Con esta medida se consigue que el flujo sea tranquilo y uniforme en una dirección a través del reactor de biogás. Con la instalación de al menos una cámara intermedia adicional se evita que cada cámara sea demasiado grande y por tanto el peligro de que se formen diferentes zonas de flujo que puedan influir negativamente en el curso natural de la fermentación. Así, en caso de consistencia variable de la masa de fermentación se puede evitar que sus puntas de flujo lleguen hasta la superficie y se descargue por la salida masa prácticamente sin fermentar o sustrato fresco procedentes de la fase acidogénica. La subdivisión en varias cámaras de fermentación dentro del reactor de biogás hace que el flujo sea más uniforme y controlable. De este modo el sustrato fresco aportado debe recorrer toda la vía de flujo antes de poder salir nuevamente del reactor de biogás y por tanto atravesar forzosamente el proceso completo en un tiempo prefijado. Con esta medida se puede aumentar notablemente el rendimiento en biogás.

65 El dispositivo generador de biogás de la presente invención está desarrollado de manera que la cámara de llenado tiene un rebosadero que permite llenar las dos - como mínimo - cámaras intermedias con materiales orgánicos pro-

cedentes de la cámara de llenado. En este canto del rebosadero entre cámara de llenado y cámara intermedia se forma una pendiente estática, donde la masa de fermentación puede desgasificarse preferentemente. Mientras la masa de fermentación avanza por el interior de las cámaras los gases tienden más bien a quedar incluidos; cuando la masa de fermentación cae por el rebosadero cabe la posibilidad de que los gases escapen completamente debido a la menor resistencia.

En el dispositivo generador de biogás de la presente invención se prevé, como mínimo, un total de dos cámaras intermedias conectadas entre sí en una zona por debajo de una abertura de llenado del canal de retorno y por encima del rebosadero. Con esta disposición se aprovecha en mayor medida la ventaja antes mencionada. La división del recipiente de fermentación en más cámaras permite controlar mejor el flujo y, en particular, la unión de las dos cámaras intermedias hace que la masa de fermentación deba atravesar sucesivamente ambas cámaras por el principio de vasos comunicantes.

El dispositivo generador de biogás de la presente invención está desarrollado de modo que las cámaras intermedias están dispuestas en el interior de un recipiente en forma de vaso situado dentro del reactor de biogás. Esto permite concretamente dividir el reactor de biogás en varias cámaras.

Además el dispositivo generador de biogás de la presente invención está desarrollado de manera que del canal de retorno se deriva un canal de descarga en forma de tubo comunicado con el primero. De este modo se descarga automáticamente del reactor de biogás cierta cantidad de masa de fermentación al introducir nueva masa, sin necesidad de bombas adicionales dentro del reactor de biogás ni de válvulas de apertura o cierre del canal de descarga.

Además el dispositivo generador de biogás de la presente invención puede estar diseñado de manera que el área de la sección de la cámara de llenado sea más estrecha en la zona del rebosadero. Este estrechamiento en la parte superior de la cámara de llenado tiene el efecto de compactar el substrato desbordante y por lo tanto contrarresta la formación de capas flotantes. Este estrechamiento es preferiblemente del 50%. Las capas flotantes dificultarían la desgasificación de la masa de fermentación. En esta zona estrecha se compacta la masa de fermentación, evitando que una masa más fluida pase a través de la masa viscosa o al lado de ésta. El estrechamiento aumenta las resistencias internas al rozamiento, impidiendo una segregación de la mezcla y evitando con seguridad la aparición de capas flotantes. La formación de capas flotantes podría desequilibrar el proceso de fermentación o incluso interrumpirlo. Es precisamente en el primer tercio del proceso de fermentación cuando se forma la mayor parte de biogás y cuando por tanto existe más riesgo de aparición de capas flotantes.

Se pueden obtener las mismas ventajas haciendo que el reactor de biogás tenga una zona superior convergente hacia arriba y el rebosadero se prolongue en esta sección, de tal modo, que el área de la sección de la cámara de llenado se estreche en la zona del rebosadero. Además de dichas ventajas ello tiene el efecto, tal como se ha explicado arriba, de que el paso a la sección cónica y por la propia sección cónica aumenta el rozamiento para la masa de fermentación, contrarrestando la formación de capas flotantes.

El dispositivo generador de biogás de la presente invención también puede diseñarse de manera que el reactor de biogás tenga una zona inferior convergente hacia abajo con la parte más baja como un espacio para recogida de sedimentos, que por una parte puede unirse con el espacio interior del reactor de biogás y por otra parte con su entorno. Gracias a esta disposición los sedimentos u otros materiales ajenos como arena u otras sustancias pesadas se depositan en la parte más baja del espacio interior del reactor de biogás y de ahí pueden extraerse de vez en cuando. Así se excluyen los atascos de las vías de flujo dentro del reactor de biogás. Asimismo estos sedimentos podrían perjudicar el proceso de fermentación. Con dicho espacio colector de sedimentos vaciable se elimina este inconveniente. En el presente proceso, durante un ciclo de unos 10 días, se reinyecta una masa totalmente fermentada y descompuesta en más de un 90%, que apenas lleva materia orgánica, a un porcentaje de reciclado del 50%. Las sales que contiene y otros componentes inorgánicos tienen que descargarse a través del colector, como muy tarde al cabo de 2 ciclos de fermentación.

El dispositivo generador de biogás de la presente invención también puede diseñarse de manera que el reactor de biogás esté conectado por su parte superior a una tubería de descarga de gases que permita mantener una presión constante en el interior del reactor. Esta medida es fácil de realizar, barata y muy fiable, para mantener la presión constante dentro del reactor de biogás y por tanto permite prescindir de válvulas caras, que empleadas en el medio de un reactor de biogás se desgastan muy rápidamente.

Además el dispositivo generador de biogás puede estar construido de modo que disponga de un depósito de líquido en el cual se sumerge el extremo de la tubería de descarga de gases que sale del interior del reactor de biogás, con lo cual la presión interior del reactor de biogás se puede regular mediante la profundidad de inmersión en el líquido. Con este depósito auxiliar de líquido puede variarse la presión dentro del reactor de biogás, permitiendo ajustar unas condiciones óptimas para la fermentación. El control de la presión mediante depósitos de líquido es ventajoso y muy fácil de realizar. Asimismo, el biogás que sale de la tubería de descarga a través del líquido se libera de posibles partículas de suciedad.

El dispositivo generador de biogás de la presente invención también puede diseñarse de manera que disponga de

una unidad mezcladora para la carga de la cámara de llenado, adaptada para mezclar básicamente en relación 1:1 materiales orgánicos nuevos con materiales orgánicos descargados del reactor de biogás por el canal de retorno. Los materiales orgánicos descargados del reactor de biogás están totalmente fermentados y no son reactivos. Con una mezcla en relación 1:1 se pueden conseguir los mejores resultados. Como al final del proceso de fermentación está descompuesta la mayor parte de la materia orgánica, hay una gran concentración de bacterias metanogénicas. La mezcla de estos materiales orgánicos descargados del reactor de biogás con los materiales orgánicos nuevamente aportados garantiza que el proceso de fermentación empiece de manera muy rápida y tumultuosa, pues esta gran cantidad de bacterias actúa sobre mucha materia orgánica, iniciando así vertiginosamente el proceso de fermentación.

El dispositivo generador de biogás de la presente invención también puede diseñarse incluyendo un intercambiador de calor situado aguas arriba de la cámara de llenado, que sirva para precalentar mediante un fluido caliente los materiales orgánicos que se conducen nuevamente al reactor. Con este precalentamiento se consigue que la masa de fermentación se dirija al reactor de biogás a una temperatura óptima para el proceso de fermentación. La temperatura óptima es aquella que permite alcanzar la máxima producción de gas.

El dispositivo generador de biogás de la presente invención también se puede diseñar incluyendo una unidad trituradora aguas arriba de la cámara de llenado. La trituración de los materiales orgánicos aportados proporciona una mezcla acuosa bombeable de un amplio abanico de componentes orgánicos, que constituye un alimento ideal para las bacterias. La trituración produce un buen efecto de mezclado, facilita el bombeo y por último acelera el proceso de fermentación. Los materiales orgánicos se homogenizan, es decir se disgregan, de modo que se rompe moderadamente la estructura, liberando el agua incluida. Así se obtiene una gran superficie y las bacterias pueden colonizar más intensivamente la materia orgánica.

Como desarrollo posterior el dispositivo de la presente invención se puede diseñar incluyendo un gasómetro en el que se pueda almacenar el biogás generado en el reactor y que rodee, al menos parcialmente, el reactor de biogás. Este desarrollo tiene la ventaja de que el gasómetro tiene efecto aislante sobre el reactor de biogás, con lo cual el reactor mantiene mejor el calor y requiere menos aporte de energía térmica. Este desarrollo posterior proporciona al mismo tiempo un depósito de almacenamiento de biogás, sin piezas adicionales.

El intercambiador de calor para una planta de biogás se basa según el estado técnico genérico en un dispositivo de limpieza que cuando el intercambiador es de carcasa cerrada puede frotar los elementos calefactores. La problemática de un intercambiador de calor en relación con una masa orgánica espesa es que a partir de aproximadamente 60°C la albúmina flocula y se deposita sobre los elementos calefactores. El intercambiador de calor permite que se eliminen continuamente estas adherencias para garantizar un buen flujo y una buena transferencia de calor. Además mediante un dispositivo móvil de limpieza se consigue un buen mezclado de la masa, con lo cual ésta se calienta de manera uniforme.

Además el intercambiador de calor puede estar diseñado de manera que el dispositivo de limpieza pueda realizar un movimiento de vaivén accionado por un husillo. El accionamiento por husillo permite mover el dispositivo de limpieza de manera económica y con poco mantenimiento.

El intercambiador de calor también puede estar diseñado de manera que los elementos calefactores sean tubos de doble pared en los cuales la ida puede envolver el retorno o viceversa. Con el empleo de tubos de doble pared la ida y el retorno del fluido caliente pueden salir por el mismo lado de la carcasa del intercambiador, lo cual permite abrirlo fácilmente por el lado opuesto. Asimismo, con el paso del fluido caliente por los tubos de doble pared en el interior del intercambiador de calor se ahorra el doble camino que debería diseñarse en caso de tubos normales de pared simple.

Con el proceso de generación de biogás según la presente invención se alcanzan respectivamente las ventajas arriba descritas.

El proceso puede diseñarse ventajosamente de manera que las fases de proceso desarrolladas en el interior del reactor de biogás tengan lugar sin agitación activa de los materiales orgánicos. Al no agitar los materiales orgánicos se evita que se altere el proceso de fermentación. La fase hidrolítica es sensible y no resiste ninguna perturbación.

El proceso también puede diseñarse para precalentar a 35°C – 37°C mediante un intercambiador de calor los materiales orgánicos nuevos conducidos hacia la cámara de llenado. De esta manera el proceso de fermentación transcurre en la zona mesofílica, lo cual permite conseguir mayores tasas de descomposición y por consiguiente mayor cantidad de gas. Los procesos del estado técnico funcionan frecuentemente en la zona termofílica (aprox. 55°C), con lo cual se consigue una higienización y un desarrollo más rápido del proceso, aunque no se genera más gas. El balance energético es mejor en la zona mesofílica, porque se necesita menos energía para calentar.

Asimismo, el proceso puede diseñarse de manera que los materiales orgánicos nuevos precalentados e introducidos en la cámara de llenado se mezclen con los materiales orgánicos descargados directamente por el canal de retorno. Gracias a esta mezcla con materiales orgánicos que ya estaban en el reactor de biogás, los materiales orgánicos

nuevos se cargan al entrar con bacterias plenamente activas y el proceso de fermentación puede iniciarse muy rápidamente.

Además puede establecerse en el proceso que la relación de mezcla sea 1:1, que ha resultado ser la óptima para la máxima producción de gas.

Por último el proceso de la presente invención puede plantearse de manera que la presión se mantenga constante en el interior del reactor de biogás. La presión interior constante altera mínimamente el proceso de fermentación y lo favorece, pues evita que haya flujos de masa incontrolados.

A continuación se describe a modo de ejemplo, mediante figuras, una forma de ejecución preferida de la presente invención.

Las figuras representan:

- FIG. 1 un diagrama que indica el curso general de la fermentación natural;
- FIG. 2 un esquema del dispositivo generador de biogás de la presente invención;
- FIG. 3 una vista superior de la unidad trituradora del dispositivo de la FIG. 2;
- FIG. 4 un desarrollo de la fermentación que el proceso de la presente invención alcanza con seguridad;
- FIG. 5 un corte esquemático de un intercambiador de calor del dispositivo de la FIG. 2;
- FIG. 6 un corte esquemático a lo largo de la línea I-I de la FIG. 5;
- FIG. 7 un corte esquemático a lo largo de la línea II-II de la FIG. 5; y
- Fig. 8 un esquema de un desarrollo posterior del dispositivo generador de biogás de la presente invención.

La FIG. 2 muestra una representación esquemática del dispositivo generador de biogás de la presente invención. En la forma de ejecución preferida el reactor de biogás 10 comprende un depósito exterior 12 cuya parte media es preferentemente cilíndrica y cuyas partes superior 14 e inferior 16 terminan en forma cónica. Dentro del depósito exterior 12 hay un recipiente interior 18 en forma de vaso, situado a una distancia prácticamente constante respecto al depósito exterior 12, de tal modo que entre el depósito exterior 12 y el recipiente interior 18 queda una cámara de llenado 20 que envuelve el recipiente interior 18. Tanto el depósito exterior 12 como el recipiente interior 18 son preferentemente de acero, pero también es factible una ejecución con otros materiales, como por ejemplo plásticos. Un canto superior del recipiente interior 18, que en este ejemplo de ejecución sirve de rebosadero 22, se prolonga hacia arriba en la parte cónica superior 14 hasta el punto en que el área de la sección de la cámara de llenado 20 situada entremedio se estrecha aproximadamente un 50%. No obstante a este respecto basta con que la sección de la cámara de llenado 20 se estreche al final. Alternativamente esto también puede lograrse doblando hacia fuera, es decir hacia el depósito exterior 12, la punta superior del canto del rebosadero 22. Asimismo cabe la posibilidad de obtener el estrechamiento de la sección, no por concurrencia de la parte cónica superior 14 con el canto del rebosadero 22, sino mediante un deflector aparte, en el extremo superior de la cámara de llenado 20 y sujeto a la carcasa exterior 12, que estrangula hacia arriba la sección de la cámara de llenado 20, produciendo el estrechamiento necesario. En la parte inferior el recipiente interior 18 converge hacia abajo análogamente al depósito exterior 12. El recipiente interior 18 es preferentemente cilíndrico y en su parte inferior 24 tiene forma cónica. Dentro del recipiente interior 18 hay un conducto interno cilíndrico 26 cuya distancia al recipiente interior 18 es prácticamente la misma que entre el recipiente interior 18 y el depósito exterior 12. El canto inferior del conducto interno 26 se prolonga hacia abajo casi tanto como la parte cilíndrica (la parte no estrechada) del recipiente interior 18. El canto superior del conducto interno 26 se prolonga hacia arriba más que el canto del rebosadero 22. Dentro del conducto interno 26 hay un tubo de retorno 28 que se prolonga hacia abajo en la parte inferior 24 y sale del recipiente interior 18. Por arriba el canto superior del tubo de retorno 28 queda respecto a la vertical por debajo del rebosadero 22. Ventajosamente el canto superior del tubo de retorno 28 se prolonga hacia arriba casi tanto como la parte media (preferentemente cilíndrica) del depósito exterior 12. En este ejemplo de ejecución el depósito exterior 12, el recipiente interior 18, el conducto interno 26 y el tubo de retorno 28 son concéntricos. El espacio comprendido entre el lado externo del conducto interno 26 y el lado interno del recipiente interior 18 constituye una primera cámara intermedia 30 prácticamente cilíndrica. El espacio comprendido entre el lado externo del tubo de retorno 28 y el lado interior del conducto interno 26 constituye una segunda cámara intermedia 32 prácticamente cilíndrica. La primera cámara intermedia 30 y la segunda cámara intermedia 32 están unidas entre sí por la parte inferior. El canto superior del tubo de retorno 28 forma una abertura de llenado 34. Dentro del tubo de retorno 28 hay un canal de retorno 36. El tubo de retorno 28 se prolonga, como ya se ha dicho, en la parte inferior 24 del recipiente interior 18 y sale de éste, entra en la parte inferior 16 a través de la pared del depósito exterior 12 y llega a una bomba inyectora 38, que es preferiblemente una bomba de tornillo sin fin excéntrico. De la parte del tubo de retorno 28 que atraviesa la cámara de llenado 20 sale un ramal de descarga 40 que sube por la cámara de llenado 20 hasta una salida que se encuentra casi a la misma altura que la abertura de llenado 34 del tubo de retorno 28. En la parte superior el extremo del tubo de descarga 40 está doblado más de 90 grados y esta parte curvada se prolonga hacia fuera, atravesando la pared del depósito exterior 12. Por tanto el canal de descarga 42 formado por el tubo de descarga 40 está unido al canal de retorno 36 formando una U, de modo que el canal de retorno 36 y el canal de descarga 42 forman una tubería comunicante. La cámara de llenado 20 está diseñada de manera que pueda llenarse por debajo, desde el exterior, con materiales orgánicos o con una sustancia orgánica. De una forma descrita detalladamente más adelante, la sustancia orgánica también es transportada a través de la cámara de llenado 20, de la primera cámara intermedia 30 y de la segunda cámara intermedia 32 y todavía puede llevar sedimentos o materiales pesados. Por ello de la parte más baja del

depósito exterior 12 y del recipiente interior 18 sale respectivamente un ramal de tubo 44 y 46 equipado cerca del correspondiente depósito con una válvula de compuerta 48, 52 y a cierta distancia de ella con otra válvula de compuerta 50, 54. El correspondiente tramo de tubo 44, 46 se puede abrir o cerrar con las respectivas válvulas de compuerta. La distancia entre las válvulas de compuerta 48 y 50 es preferiblemente de unos 80 cm y la distancia entre las válvulas de compuerta 52 y 54 es preferiblemente de 60 cm. En régimen de funcionamiento normal las válvulas de compuerta 48 y 52 están abiertas y las válvulas de compuerta 50 y 54 cerradas. Al depositarse, los sedimentos del sustrato orgánico se deslizan por las partes 16 y 24 hacia el centro del respectivo depósito 12, 18 y salen por las correspondientes válvulas de compuerta abiertas 48, 52 al respectivo tramo de tubo 44, 46. Allí los sedimentos se acumulan junto a las válvulas de compuerta cerradas 50, 54. Por tanto el tramo de tubo entre las válvulas de compuerta 48 y 50 y el tramo de tubo entre las válvulas de compuerta 52 y 54 forman respectivamente un colector 56, 58 de sedimentos. Los tramos de tubo de los colectores 56, 58 son preferiblemente transparentes, por ejemplo de Plexiglás, de manera que pueda controlarse la cantidad de sedimentos acumulados.

Al llegar a cierta cantidad los sedimentos acumulados pueden vaciarse cerrando las válvulas de compuerta 48 y 52, para evitar que se derrame el contenido de los depósitos 12, 18. Luego se abren las correspondientes válvulas de compuerta 50 y 54 y se vacían los colectores 56, 58. Para el funcionamiento normal se cierran de nuevo las válvulas de compuerta 50 y 54 y se abren las válvulas de compuerta 48 y 52. El depósito exterior 12 está envuelto por un aislamiento 60 representado parcialmente (las tuberías de alimentación y descarga no van aisladas), con lo cual la temperatura interna del reactor se puede mantener constante al valor adecuado para la generación de biogás, preferiblemente a 35°C, y por tanto hay que aportar menos energía para mantener esta temperatura. El aislamiento 60 incluye una calefacción 62, que en el ejemplo de ejecución preferente consiste en tuberías de agua dispuestas en espiral, que transportan agua calentada, por ejemplo, en una planta modular de cogeneración, no representada. Como alternativa también puede incluirse cable calefactor en el aislamiento 60. Preferiblemente la calefacción 62 envuelve el depósito exterior 12 desde la parte inferior hasta por debajo de la parte superior 14. El aislamiento 60 y la calefacción 62 se pueden proteger con una envoltura, por ejemplo de chapa.

Del extremo superior del depósito exterior 12, o sea del vértice cónico de la parte superior 14, sale una tubería de descarga de gas 64. Esta tubería de descarga de gas 64 baja por fuera junto al depósito exterior 12 y su extremo entra en un depósito de líquido 66 en el cual se prolonga hacia abajo. El depósito de líquido 66 es preferiblemente un recipiente cilíndrico cuya parte inferior es cónica. Del lado superior del depósito de líquido 66 sale una tubería de alimentación de gas 68 que conduce el gas obtenido a un gasómetro, no representado, que abastece una planta modular de cogeneración, no representada, para la producción de energía eléctrica. Del extremo inferior del depósito de líquido 66 sale un tramo de tubería 70, del cual se deriva un ramal ascendente 72 que sube junto al depósito de líquido 66 hasta el borde superior del mismo. El tubo ascendente 72 está abierto por arriba y entre su extremo superior y más de 1 m por debajo de él presenta tres aberturas 74, la más baja de ellas a más de 1 m de distancia del extremo superior del tubo ascendente 72. La distancia entre la más baja y la más alta de las aberturas 74 es preferiblemente de 1 m. El tubo ascendente 72 va unido por vasos comunicantes con el interior del depósito de líquido 66, el cual durante el funcionamiento está lleno de un líquido 76, preferentemente agua, cuyo nivel puede ajustarse con las aberturas 74. Por el principio de vasos comunicantes el nivel de líquido es el mismo en el tubo ascendente 72 y en el depósito de líquido 66; por tanto cuando la más baja de las aberturas 74 está abierta el depósito de líquido 66 puede llenarse de líquido 76 hasta un nivel correspondiente al de la más baja de las aberturas 74. Cuando la más baja de las aberturas 74 está cerrada, por ejemplo mediante un tapón, el depósito de líquido 66 puede llenarse hasta un nivel superior, correspondiente al de las aberturas 74 situadas más arriba. Cuando todas las aberturas 74 están cerradas el depósito de líquido 66 puede llenarse completamente, llegando el líquido hasta el borde superior del tubo ascendente 72. El extremo 78 de la tubería de descarga de gas 64 que sale del depósito exterior 12 se sumerge dentro del depósito 66 en el líquido 76. La distancia entre el extremo inferior 78 y la más alta de las aberturas 74 es de 2 m. Por tanto la tubería de descarga de gas 64 queda sumergida en el líquido 76 como mínimo 1m, cuando está abierta la más baja de las aberturas 74, y como máximo 2 m, si solo está abierta la más alta de las aberturas 74. La presión interna del depósito exterior 12 se puede ajustar a un valor constante mediante esta profundidad graduable del extremo 78 de la tubería de descarga de gas 64. Así, al llenar con agua, se alcanza una presión de 0,1 bar en el depósito exterior 12 cuando el tubo está sumergido 1 m y de 0,2 bar cuando está sumergido 2 m. Como ya se ha descrito, del fondo del depósito de líquido 66 sale el tramo de tubería 70. Entre la salida del depósito de líquido 66 y la ramificación del tubo ascendente 72 hay una válvula de compuerta 80 y en el tramo de tubo tras la ramificación del tubo ascendente 72 otra válvula de compuerta 82. Con ambas válvulas de compuerta 80, 82 se puede abrir o cerrar el flujo a través del tramo de tubería 70. Durante el funcionamiento normal la válvula de compuerta 80 está abierta y la válvula de compuerta 82 cerrada, con lo cual se forma un colector 84 de sedimentos. Las impurezas que lleva el biogás se filtran mediante el líquido 76. El gas asciende por el líquido 76 y los sedimentos filtrados caen en el líquido 76 hacia el centro de la parte inferior cónica del depósito de líquido 66 y se acumulan en el colector 84. En la parte del colector 84 el tramo de tubería 70 puede ser transparente, por ejemplo de Plexiglás, para poder controlar la acumulación de sedimentos. Cuando la acumulación de sedimentos en el colector 84 alcanza una cierta cantidad se puede cerrar la válvula de compuerta 80 y abrir la válvula de compuerta 82 para poder vaciar por el extremo del tubo 70 los sedimentos del sistema. Una vez vaciado el colector 84 se cierra la válvula de compuerta 82 y se abre de nuevo la válvula de compuerta 80.

Como se ha mencionado arriba la cámara 20 se puede llenar por abajo. Para ello, en la pared de la parte inferior 16 del depósito exterior 12 hay un tramo de tubo que une la cámara de llenado 20 con una unidad mezcladora 86. La

salida de la unidad mezcladora 86 se estrecha hacia la cámara de llenado 20, preferentemente en un 50%. Las entradas de la unidad mezcladora 86 están conectadas respectivamente por tubería a las salidas de la bomba inyectora 38 y de un intercambiador de calor 88. La unidad 86 mezcla materiales orgánicos aportados por la bomba inyectora 38 y el intercambiador de calor 88, preferiblemente en relación 1:1. Como alternativa el dispositivo de generación de biogás también puede funcionar con otras relaciones de mezcla. El intercambiador de calor 88, descrito más adelante con mayor detalle, tiene un sensor de temperatura 90 instalado cerca de la salida, que permite detectar la temperatura del sustrato orgánico contenido en el intercambiador. La entrada del intercambiador de calor 88 está conectada a una bomba de sustrato fresco 92, que es preferiblemente una bomba de tornillo sin fin excéntrico. Esta bomba de sustrato fresco 92 tiene a la vez su entrada conectada a una unidad trituradora 94. Las conexiones entre la unidad trituradora 94 y la bomba de sustrato fresco 92 y entre la bomba de sustrato fresco 92 y el intercambiador de calor 88 son por tubería. La unidad trituradora 94 comprende tres herramientas de corte 96 situadas una tras otra, por ejemplo cuchillas en forma de estrella, que por el lado opuesto al flujo del sustrato llevan respectivamente un disco perforado 98. Las herramientas cortantes 96 van en un eje 100 que, al menos por secciones, tiene forma de tornillo sin fin. En la zona de unión con las herramientas cortantes 96 el eje 100 está aplanado para que las herramientas cortantes 96 encajen bien. Los discos perforados 98 tienen un orificio central por donde pasa el eje 100, de modo que los discos perforados 98 no evitan la rotación del eje 100. Los discos perforados 98 se detienen mediante un perno, no representado, de modo que junto a cada disco 98 la herramienta 96 ejerce un efecto de corte y cizalla sobre el sustrato orgánico fresco entrante, que puede ser fibroso. El tamaño de orificio de los discos 98 es escalonado y por tanto la trituración puede tener lugar de forma gradual y ajustarse individualmente. El sustrato orgánico fresco introducido a través de una tolva de llenado 102 se conduce hacia las herramientas cortantes 96 mediante el eje 100 en forma de tornillo sin fin, se tritura y es transportado hacia la bomba 92. Tanto el eje 100 como las herramientas cortantes 96 se mueven mediante el accionamiento 104 (por ejemplo un motor eléctrico). En la FIG. 3 se representa esquemáticamente la unidad trituradora vista por encima.

Entre la bomba de sustrato fresco 92 y el intercambiador de calor 88, entre el intercambiador de calor 88 y la unidad mezcladora 86, entre la unidad mezcladora 86 y el depósito exterior 12, entre la bomba inyectora 38 y el depósito exterior 12, así como entre el depósito exterior 12 y el depósito de líquido 66 hay respectivamente una válvula de compuerta 106 con la que se puede abrir o cerrar la correspondiente tubería de conexión. Durante el funcionamiento normal todas estas válvulas de compuerta 106 están abiertas, pero por motivos de mantenimiento, por ejemplo, puede ser necesario cerrar la respectiva válvula de compuerta 106 situada antes y/o después de un componente, para poder cambiarlo sin que salga material orgánico del sistema.

A continuación se describe el funcionamiento del dispositivo generador de biogás de la FIG. 2 o un proceso para la generación de biogás mediante el uso del dispositivo de la FIG. 2. En los procesos del estado técnico se ha tenido poco en cuenta que ambos tipos de bacterias metanogénicas, las facultativas y las estrictas, viven simbióticamente, es decir, se complementan y dependen unas de otras. La primera fase (hidrólisis o fase acidogénica) y la segunda fase (metanogénica) del proceso de fermentación descritas al comienzo transcurren con un desfase de aproximadamente seis horas, de modo que durante las primeras seis horas se desarrolla la llamada fase hidrolítica. Los alcoholes y ácidos grasos resultantes también tienen que poder transformarse durante la subsiguiente fase. Para ello es fundamental, como en el proceso de la presente invención, que el equilibrio de la primera fase no sea perturbado por ninguna agitación o mezcla con una reiterada y excesiva formación de ácido. Cada adición de sustrato fresco activa la formación de ácido y por tanto hay acumulación de productos ácidos; si no funciona óptimamente el tratamiento de los materiales orgánicos, el propio proceso de fermentación sucumbe a la sobreproducción de sustancias ácidas. Por eso en el presente proceso se destaca deliberadamente la fase acidogénica (hidrólisis), por la cual se distingue de muchos procesos del estado técnico. En el presente proceso la hidrólisis y la metanización están en equilibrio y no tienen lugar separadamente como en los procesos del estado técnico, si no, habría que introducir un sustrato preacidificado en el proceso activo y como consecuencia se formarían acumulaciones de ácido y el proceso necesitaría mucho tiempo para alcanzar el equilibrio, en parte de 20 hasta 30 días y más. El mismo inconveniente sucede al agitar y mezclar o insuflar gas. En el presente proceso se excluyen ex profeso estas alteraciones del equilibrio por agitación y mezclado.

Antes de introducir los materiales orgánicos en la tolva de llenado 102 de la unidad trituradora 94 es conveniente seleccionarlos, es decir, excluir los materiales gruesos inadecuados y fragmentar los trozos más grandes hasta unos 30 mm. Luego estos materiales orgánicos se cargan por la tolva de llenado 102. Después se pone en marcha el accionamiento 104, manual o automáticamente (p.ej. mediante una barrera fotoeléctrica, no representada, etc.). Entonces gira el eje 100 y el tornillo sin fin del eje 100 transporta el sustrato entrante hacia la primera de las tres herramientas cortantes 96. Esta herramienta cortante 96 tritura el sustrato orgánico fresco y lo empuja a través del correspondiente disco perforado 98. A continuación el sustrato orgánico fresco atraviesa la segunda y la tercera etapa de trituración (de derecha a izquierda en la FIG. 2) formadas por una herramienta cortante 96 y su disco perforado 98. Mediante esta trituración los materiales orgánicos procedentes de comida, de separadores de grasas, de la industria alimentaria y de otras fuentes se homogenizan, es decir se disgregan de modo que se rompe moderadamente la estructura, liberando el agua incluida. Así se obtiene una gran superficie y las bacterias involucradas en el proceso de fermentación pueden colonizar más intensivamente la materia orgánica. El sustrato obtenido con las herramientas cortantes 96 es una mezcla acuosa bombeable de una amplia gama de componentes orgánicos. La acción transportadora del eje 100 y de las herramientas cortantes 96 arrastra el sustrato fresco hacia la bomba 92. Esta bomba de sustrato fresco 92 se controla mediante una regulación, no representada, y bombea el sustrato

fresco al intercambiador de calor 88, de ahí a la unidad mezcladora 86 y finalmente a la cámara de llenado 20 del reactor de biogás 10. El sustrato fresco procedente de la unidad trituradora 94 es transportado primero hacia el interior del intercambiador de calor 88. Luego se desconecta la bomba de sustrato fresco 92. El sustrato fresco aportado al intercambiador de calor 88 se calienta, en el presente ejemplo de ejecución a 37°C, lo cual se controla mediante el sensor de temperatura 90. Este calentamiento se logra introduciendo en los elementos calefactores, descritos más adelante, un líquido caliente separado del sustrato fresco. Este fluido tiene preferiblemente una temperatura de 80°C. Tan pronto como el sensor de temperatura 90 detecta que se alcanza una temperatura de 37°C se pone en marcha la bomba de sustrato fresco 92 aportando de nuevo sustrato fresco al intercambiador de calor 88 y el sustrato fresco precalentado sale del intercambiador de calor 88 y entra en la unidad mezcladora 86. Con la bomba de sustrato fresco 92 también se acciona al mismo tiempo la bomba inyectora 38, que luego se describe con mayor detalle. La bomba de sustrato fresco 92 permanece preferentemente en marcha hasta que el sensor de temperatura 90 detecta una temperatura igual o inferior a 35°C. Entonces se desconecta la bomba de sustrato fresco 92 y el nuevo sustrato orgánico fresco que entra en el intercambiador de calor 88 y aún no está precalentado se puede precalentar ahora hasta alcanzar una temperatura de 37°C y prosigue su transporte del modo descrito anteriormente. Los intervalos a los que se aporta sustrato orgánico fresco pueden establecerse de manera variable y la bomba de sustrato fresco 92 no debe estar regulada exclusivamente por el sensor de temperatura 90. La regulación mediante el sensor de temperatura 90 debe entenderse más bien como que una condición básica para el aporte de sustrato fresco es que éste tenga una temperatura mínima de 35°C. Los intervalos también pueden ser más largos, tal como requiere el precalentamiento del sustrato fresco en el intercambiador de calor 88. Por lo tanto cuando el sustrato fresco se precalienta rápidamente en el intercambiador de calor 88 puede tener lugar un aporte de sustrato fresco casi continuo o siguiendo determinados ciclos. La bomba inyectora 38 sirve para introducir en la unidad mezcladora 86 sustrato extraído del reactor de biogás 10 que también tiene una temperatura de 35°C. Tal como se ha dicho anteriormente la bomba de sustrato fresco 92 y la bomba inyectora 38 funcionan sincronizadamente, de manera que ambas bombas aportan respectivamente la misma cantidad de sustrato a la unidad mezcladora 86. Se ha demostrado que la mezcla de sustrato saliente del reactor de biogás (masa de fermentación no reactiva) con sustrato fresco (sustrato extraído del intercambiador de calor 88) en relación 1:1 proporciona los mejores resultados, suponiendo que ambos flujos de masa tengan aproximadamente la misma temperatura, aunque puede aceptarse una tolerancia de 1 – 2°C. La mezcla de masa de fermentación no reactiva con sustrato fresco en la proporción correcta estimula el proceso de fermentación de manera que finalmente los materiales orgánicos restantes son atacados y descompuestos. Esta medida contribuye fundamentalmente a aumentar el grado de descomposición de los materiales orgánicos del presente proceso, que puede ser mayor del 70% y más. Aquí cabe señalar que esta mezcla de los dos flujos de masa no puede tener lugar de ninguna manera en un depósito previo, como por ejemplo una fosa, si no se pierde gas.

El sustrato continúa mezclándose en la unidad mezcladora 86 a través su salida cónica. Al final de un proceso de fermentación la mayor parte de los materiales orgánicos está descompuesta y las bacterias metanogénicas se hallan a la concentración más elevada. Con la inyección de las bacterias metanogénicas en el sustrato fresco mediante la unidad mezcladora 86 se asegura que el proceso de fermentación comience de modo muy tumultuoso, pues la gran cantidad de bacterias actúa sobre una gran masa de sustrato fresco y produce un inicio vertiginoso de la fermentación. Después de entrar en la cámara de llenado 20 el sustrato asciende a través de ella empujado por el sustrato siguiente.

El flujo de sustrato que asciende por la cámara de llenado 20 se compacta al llegar a la parte superior de dicha cámara y por tanto no se forma ninguna capa flotante. La masa de fermentación que rebosa por el canto superior 22 irrumpe en la primera cámara intermedia 30. Al caer por el rebosadero 22 la masa de fermentación desprende todo el gas hacia arriba. Además se rompen los posibles aglomerados de sustrato, facilitando y favoreciendo la desgasificación. En la práctica, la caída en este canto del rebosadero 22 es de unos 0,6 m y a veces depende de la presión ejercida en el reactor de biogás 10. El biogás se acumula en la parte superior 14 del depósito exterior 12, tal como se representa por puntos en la FIG. 2. Como el canto superior del conducto interno 26 es más alto que el canto del rebosadero 22, se evita que la masa de fermentación pase directamente de la cámara de llenado 20 a la segunda cámara intermedia 32. La masa de fermentación introducida en la primera cámara intermedia 30 cae sobre todo por la misma. Este movimiento de la masa de fermentación hacia abajo es promovido por la masa de fermentación cargada a continuación. La primera cámara intermedia 30 está unida con la segunda cámara intermedia 32 por la parte inferior del recipiente interior 18, por lo cual la masa de fermentación que sale del extremo inferior de la primera cámara intermedia 30 entra en el extremo inferior de la segunda cámara intermedia 32. En esta segunda cámara intermedia 32 la masa de fermentación asciende. Por el principio de los vasos comunicantes el nivel de llenado es esencialmente el mismo tanto en la primera cámara intermedia 30 como en la segunda cámara intermedia 32. Este nivel de llenado corresponde a la abertura de llenado 34. Al llegar en la segunda cámara intermedia 32 a la abertura de llenado 34, la masa de fermentación cae por el canal de retorno 36. La altura de la cual cae el sustrato al canal de retorno 36 depende a veces de la presión ejercida en el reactor de biogás 10. La biomasa también se desgasifica totalmente al caer desde la segunda cámara intermedia 32 al canal de retorno 36. Como el canal de descarga 42 forma una tubería comunicante con el canal de retorno 36 el nivel de llenado del canal de descarga 42 depende del nivel de llenado del canal de retorno 36. Aproximadamente la mitad del sustrato que desciende por el canal de retorno 36 abandona el reactor de biogás por el canal de descarga 42 y la otra mitad es transportada por la bomba inyectora 38 hacia la unidad mezcladora 86, donde se mezcla con nuevo sustrato fresco, tal como se ha descrito antes. Dentro del depósito exterior 12 la biomasa se mantiene mediante la calefacción 62 a una temperatura de

aprox. 35°C. El presente proceso transcurre en la zona mesofílica (30°C-38°C), porque en este intervalo las tasas de descomposición son más elevadas y por consiguiente se puede generar una mayor cantidad de gas. Las bacterias metanogénicas presentes en el proceso son muy sensibles y necesitan una temperatura lo más constante posible, que no esté sometida a oscilaciones bruscas.

El canal de retorno 36 se alcanza al cabo de 8 a 10 días y en este punto el sustrato solo contiene masa de fermentación no reactiva que aún lleva las bacterias de fermentación predominantes. El biogás acumulado en la parte superior 14 del depósito exterior 12 se mantiene a una presión constante mediante el depósito de líquido 66 y luego es descargado continuamente por la tubería 64 al depósito de líquido 66, desde el cual es enviado por la tubería de alimentación de gas 68 a un gasómetro, no representado. En este caso no se utilizan válvulas presostáticas, que se erosionarían fácilmente, sino que la presión se mantiene constante mediante una profundidad de inmersión de 1 m hasta 2 m. El transporte de la masa de fermentación a lo largo de todo el sistema tiene lugar mediante la presión de las bombas 38 y 92, mediante el gradiente hidrostático entre el rebosadero 22 y la abertura de llenado 34 y mediante la presión gaseosa de 0,1 hasta 0,2 bar en la parte superior 14. El transporte de los materiales orgánicos presentes en el reactor de biogás puede variarse mediante el gradiente hidrostático y la presión interna, es decir, el gradiente hidrostático y/o la presión interna pueden adaptarse a la consistencia de los materiales orgánicos.

Como resultado se consigue un proceso de fermentación en el cual se reducen materiales orgánicos hasta un 70% y más en un periodo de tiempo relativamente corto, de unos 6 a 10 días. Esto significa la obtención de una gran cantidad de gas y en condiciones generales adecuadas una rentabilidad muy buena. La transformación de los materiales orgánicos tiene lugar en recipientes cerrados, de manera que no salen olores al exterior. Los materiales residuales de la fermentación que salen por el tubo de descarga 40 tienen un olor terroso, están exentos de lodos y son totalmente compatibles con el medio ambiente. Pueden esparcirse como abono natural sobre superficies agrícolas, sin ningún tratamiento adicional. Si por circunstancias forzosas fuera necesario un tratamiento posterior, una separación sólido-líquido es adecuada y factible con poco trabajo, ya que los materiales residuales de la fermentación pueden separarse con facilidad.

La cantidad de biogás obtenido, unos 2 m³ por kilo de sustancia orgánica seca descompuesta, está dentro de lo alcanzable. El biogás presenta un contenido de metano de aproximadamente 70 - 74%, con lo cual se consigue un valor energético de 7,0 - 7,4 kWh/m³ de biogás. Otra ventaja no desdeñable del dispositivo antes descrito o de su correspondiente proceso es que se pueden fermentar sustratos cuyo contenido de sustancia seca es del 20 - 25% y a pesar de tener una consistencia pastosa aún son bombeables. Incluso en el caso de contenidos de sustancia seca extremadamente altos no hay ningún problema de flujo en el reactor de biogás 10, porque al mezclar masa de fermentación no reactiva con sustrato fresco antes de la entrada al depósito de fermentación se logra un efecto de dilución mediante la masa no reactiva y el pH del sustrato aumenta a un valor de aprox. 7,5 hasta 7,8, preferido para la biocenosis. El dispositivo y el proceso anteriormente descritos garantizan una descomposición de los materiales orgánicos superior al 90%. Así se obtiene una fermentación óptima y los materiales residuales (la fase inyectada) tienen un pH superior a 8,0 hasta 8,4. En consecuencia la tasa de retorno (la cantidad de masa inyectada) influye directamente en el sustrato. El sustrato fresco y la masa inyectada mezclados íntimamente en la relación correcta, principalmente en relación 1:1, forman el sustrato de fermentación. En este sustrato se alcanza un valor de pH superior a 7,0 que proporciona las bases y condiciones para un buen desarrollo de la biocenosis. En general, con el proceso antes descrito se logran notables ventajas económicas, a las que se suman las ventajas de una producción industrial y la ventaja de construir plantas más pequeñas y abarcar un sector de mercado mucho mayor.

El dispositivo y el proceso anteriormente descritos permiten alcanzar además las siguientes ventajas:

- Con la masa fermentada inyectada se introduce la mayor cantidad posible de bacterias anaerobias viables en el sustrato fresco, es decir, un cultivo intenso que provoca el inicio tumultuoso del proceso de fermentación y mantiene por tiempo indefinido una fuerte actividad.
- Con el aumento del pH a un valor mayor de 7,0, favorable para la biocenosis, se crea un medio que permite el desarrollo óptimo e ininterrumpido del proceso de fermentación.
- Como la tasa de retorno (cantidad inyectada) se puede controlar exactamente, los sustratos con un valor de pH menor de 7,0 se benefician con la cantidad inyectada. Así, puede ser del todo necesario incrementar la cantidad inyectada para crear desde el principio un medio favorable a la biocenosis en una simbiosis anaerobia.

En general los materiales orgánicos residuales constan de tres componentes básicos: hidratos de carbono, grasas orgánicas y albuminoides. Estos tres componentes básicos juegan un papel importante en la fermentación aerobia y tienen un determinado potencial energético. Mediante investigaciones científicas se ha podido calcular que a partir de los tres componentes básicos se pueden obtener las siguientes cantidades de biogás, de una calidad adecuada, respecto a sustancia orgánica seca (SOS).

Hidratos de carbono	790 dm ³ /kg con aprox. 50% de CH ₄ + aprox. 50% de CO ₂
Grasas orgánicas	1.250 dm ³ /kg con aprox. 68% de CH ₄ + aprox. 32% de CO ₂
Albuminoides	704 dm ³ /kg con aprox. 71% de CH ₄ + aprox. 29% de CO ₂
Biogás	aprox. 2,744 m ³ /kg de SOS descompuesta

En el presente proceso de fermentación son posibles las mayores tasas de descomposición de la sustancia orgánica

seca, a lo cual contribuye fundamentalmente la gran tasa de retorno (masa inyectada). El 50% de la masa de fermentación pasa dos veces por el proceso. Un tratamiento normal de 10 días también garantiza una tasa óptima de descomposición de la masa orgánica. El proceso anaerobio de la presente invención está concluido en aproximadamente 6 hasta 10 días. Con este proceso, partiendo de una tasa de descomposición de aproximadamente 70% de SOS se pueden obtener 1,920 m³ de biogás por kg de SOS descompuesta, que contienen aprox. 68 - 74% de CH₄, lo cual produce 7,1 kWh/m³ de biogás.

Hay que mencionar que la carga máxima del digestor es un término adoptado de la tecnología de depuración en la fermentación. Solo tiene significado cuando hay agitación y mezcla en el reactor y por lo tanto es irrelevante para el presente proceso. Valores de aprox. 6,0 - 6,5 kg de SOS/m³ de digestor no alteran el curso de la fermentación del presente proceso, mientras que en los procesos del estado técnico se mencionan valores máximos de aprox. 1,5 hasta 2,5 kg de SOS/m³ de digestor.

La FIG. 4 muestra el curso de la fermentación que el proceso de la presente invención alcanza con seguridad. El proceso de la presente invención sigue ciertamente la curva de descomposición de sustancia orgánica seca (SOS) representada en esta figura.

La FIG. 5 muestra un corte esquemático de un intercambiador de calor del dispositivo de la FIG. 2. La carcasa del intercambiador de calor 88 comprende en el centro una parte horizontal de doble pared 108 terminada por ambos lados en los cierres cónicos 110, 112 que convergen hacia fuera. La parte de doble pared 108 es preferentemente cilíndrica y los cierres izquierdo y derecho 110, 112 tienen forma de embudo, aunque también son posibles otras formas de sección, como por ejemplo cuadrangular. La parte de doble pared 108 de la carcasa del intercambiador de calor está unida con los cierres izquierdo y derecho 110, 112 mediante una brida perforada 114. El cierre derecho 112 lleva en su flanco inferior una tubuladura 116 que se puede conectar con la bomba de sustrato seco 92, por ejemplo mediante una brida perforada. El cierre izquierdo 110 de la carcasa del intercambiador de calor lleva una tubuladura 118 que se puede conectar con la unidad mezcladora 86, por ejemplo mediante una brida perforada. El espacio de la parte 108 de la carcasa del intercambiador de calor formado por la doble pared sirve como cámara de transferencia de calor 120 y tiene una tubuladura 122 para la entrada de un fluido caliente, preferentemente agua, y otra tubuladura 124 para la salida del fluido. El fluido que atraviesa la cámara de transferencia de calor 120 se puede calentar por ejemplo en una planta modular de cogeneración. La temperatura del fluido en la entrada 122 es preferiblemente de 80°C. Por lo tanto la parte de doble pared 108 forma un cuerpo calefactor que permite precalentar el sustrato orgánico fresco, el cual se introduce en el intercambiador de calor 88 a través de la tubuladura 116 y sale por la tubuladura 118 una vez precalentado. El funcionamiento del intercambiador de calor 88 con el sensor de temperatura 90 ya se ha descrito en la referencia a la FIG. 2. Además dentro del intercambiador de calor 88 hay tres tubos de transferencia de calor de doble pared 126, contruidos de manera que la ida envuelve el retorno. A través de la entrada 128 de la ida puede introducirse el mismo fluido que en la cámara de transferencia de calor 120, luego a la ida pasa de derecha a izquierda por la camisa tubular del tubo de transferencia de calor 126 y en el extremo izquierdo del tubo de transferencia de calor 126 entra de izquierda a derecha en la parte central del mismo y sale a través de la tubuladura de retorno 130. Así pues, los tres tubos de transferencia de calor 126 también sirven como cuerpos calefactores para precalentar el sustrato presente dentro del intercambiador de calor 88, preferiblemente a 35 - 37°C. Por el lado derecho los tubos de transferencia de calor 126 se fijan mediante el cierre 112 de la carcasa del intercambiador de calor. Al lado izquierdo los tres tubos de transferencia de calor 126 se fijan mediante un disco soporte 132.

La FIG. 6 muestra un corte esquemático a lo largo de la línea I-I de la FIG. 5. El disco soporte 132 presenta tres nervaduras 134 dispuestas en forma de estrella desde el centro hasta el borde, que llevan respectivamente en el centro un orificio de sujeción 136. Los orificios de sujeción 136 son taladros ciegos que sirven para alojar y soportar los extremos izquierdos de los tubos de transferencia de calor 126. En el centro del disco soporte 132 también hay un orificio en forma de taladro ciego con un cojinete 138 para poder alojar en él el extremo izquierdo de un eje 140.

Tomando de nuevo la FIG. 5, el eje 140 atraviesa longitudinalmente el intercambiador de calor 88 por el centro. La parte del eje 140 que corre paralela a los tubos de transferencia de calor 126 lleva una rosca. El extremo derecho del eje 140 sale del cierre derecho 112 de la carcasa del intercambiador de calor y va unido a un accionamiento 142. Cuando se precalienta la biomasa espesa en el intercambiador de calor 88, la albúmina flocula a partir de unos 60°C y se deposita en las superficies de los cuerpos calefactores 108, 126. Para eliminar estas adherencias en el intercambiador de calor 88 hay una unidad de limpieza 144 que lleva un disco limpiador 146, cuyo diámetro exterior es mínimamente inferior al diámetro interior de la parte de doble pared 108. Aquí "mínimamente inferior" significa que entre los elementos solo hay el juego necesario para el movimiento relativo de uno respecto al otro. Además hay tres discos limpiadores 148, cada uno de los cuales rodea un tubo de transferencia de calor 126, de modo que el diámetro exterior de los tubos de transferencia de calor 126 es mínimamente inferior al diámetro interior de los discos limpiadores 148. El diámetro exterior de los discos limpiadores 148 y el diámetro interior del disco limpiador 146 están dimensionados de manera que, una vez montados, queda una distancia entre el diámetro interior del disco limpiador 146 y el diámetro exterior de los discos limpiadores 148, y entre el diámetro exterior de los discos limpiadores 148 y el eje 140. Los discos limpiadores 146 y 148 están situados entre dos discos soporte de limpieza 150.

La FIG. 7 muestra un corte esquemático a lo largo de la línea II-II de la FIG. 5. Los discos soporte de limpieza 150

tienen una sección anular cuyo diámetro exterior es menor que el diámetro interior de la parte de doble pared 108. En esta sección anular hay tres nervaduras que se cortan en el centro del disco soporte de limpieza 150 formado una rosca correspondiente a la del eje 140. En la mitad de cada nervadura hay una sección anular, es decir en esta zona, una vez montado el conjunto, la nervadura rodea un tubo de transferencia de calor 126. El diámetro interior de esta sección anular de la nervadura es mayor que el diámetro exterior de los tubos de transferencia de calor 126.

Tomando de nuevo la FIG. 5, tal como se ha descrito antes, los discos soporte de limpieza 150 soportan y guían los discos limpiadores 146 y 148 por ambos lados.

Para limpiar de adherencias los cuerpos calefactores 108, 126, durante el funcionamiento del intercambiador de calor 88 el accionamiento 142 se mueve en una dirección (por ejemplo a la derecha o a la izquierda de la marcha de un motor eléctrico) y con él también todo el dispositivo de limpieza 144 mediante el engranaje del eje 140 con el disco soporte de limpieza 150, ya que los tubos de transferencia de calor 126 impiden el giro del dispositivo de limpieza 144 con el eje 140. Entonces los discos limpiadores 146 rozan los tubos de transferencia de calor 126 y los discos limpiadores 148 la superficie interna de la parte de doble pared 108. Al llegar a un tope el accionamiento 142 se conmuta y el eje 140 gira en sentido contrario. Por tanto el dispositivo de limpieza 144 se mueve en la dirección opuesta hasta alcanzar de nuevo un tope. Dicho tope puede ser una limitación temporal o una detección mediante sensores. El tope corresponde básicamente a los extremos derecho e izquierdo de los tubos de transferencia de calor 126, al extremo derecho e izquierdo de la rosca del eje 140 y al extremo derecho e izquierdo de la parte de doble pared 108. El accionamiento del eje produce un movimiento de vaivén del dispositivo de limpieza que elimina las adherencias de los cuerpos calefactores 108, 126. Las adherencias desprendidas se incorporan al flujo regular del substrato, ya que son impulsadas forzosamente hacia el cierre izquierdo 110 de la carcasa del intercambiador de calor y con cada ciclo de bombeo se mezclan con el substrato. Además con el movimiento de vaivén del dispositivo de limpieza 144 se logra un mezclado continuo del substrato fresco, garantizando su precalentamiento uniforme.

Los cierres izquierdo y derecho 110 y 112 se pueden retirar de la parte de doble pared 108 sin necesidad de muchas manipulaciones y por lo tanto el interior del intercambiador de calor 88 se puede inspeccionar fácilmente.

Como alternativa al eje 140, para mover el dispositivo de limpieza 144 también se puede usar un cilindro de accionamiento electrohidráulico o neumático.

La Fig. 8 muestra el esquema de otro desarrollo del dispositivo generador de biogás de la presente invención. El dispositivo de la Fig. 8 difiere del descrito anteriormente en que además lleva un gasómetro 152. El gasómetro 152 rodea el reactor de biogás 10, dejando solo libre la parte inferior 16 de la carcasa externa. En esta forma de ejecución la salida del tubo de descarga 40 está algo prolongado, de manera que pueda atravesar el gasómetro 152, y el depósito de líquido 66 está desplazado hacia abajo y queda por debajo del gasómetro 152. El biogás generado en el reactor 10 sale de él por la tubería de descarga de gas 64 que pasa por el interior del gasómetro 152 y se dirige al depósito de líquido 66. El biogás que sales del depósito de líquido 66 se dirige al gasómetro 152. El biogás se puede extraer del gasómetro 152 por una tubería de alimentación de gas 154.

Como alternativa al ejemplo de ejecución descrito cabe la posibilidad de prescindir del intercambiador de calor 88 en el dispositivo generador de biogás representado en la FIG. 2 y precalentar el substrato fresco por incorporación de vapor.

Las características de la presente invención reveladas en la anterior descripción y en las reivindicaciones pueden ser fundamentales para la ejecución de la presente invención, tanto individualmente como en cualquier combinación.

Además el solicitante se reserva expresamente el derecho de reivindicar los siguientes objetos en el marco de la presente invención.

Un intercambiador de calor para una planta de biogás, con cuerpos calefactores 108, 126 para calentar una masa dentro del intercambiador de calor 88 mediante un fluido separado espacialmente de la misma, el cual se caracteriza por un dispositivo de limpieza 144 que puede rozar sobre los cuerpos calefactores 108, 126 con el intercambiador de calor 88 cerrado.

Otro desarrollo del intercambiador de calor, caracterizado porque el dispositivo de limpieza 144 puede efectuar un movimiento de vaivén accionado por un eje 140.

Otro desarrollo del intercambiador de calor, caracterizado porque los cuerpos calefactores 108, 126 son tubos de doble pared en que la ida envuelve el retorno o el retorno la ida.

Lista de referencias:

- 10 Reactor de biogás
- 12 Carcasa externa
- 14 Parte superior de la carcasa externa
- 16 Parte inferior de la carcasa externa

	18	Recipiente interior
	20	Cámara de llenado
	22	Rebosadero
	24	Parte inferior del recipiente interior
5	26	Conducto interno
	28	Tubo de retorno
	30	Primera cámara intermedia
	32	Segunda cámara intermedia
	34	Abertura de llenado
10	36	Canal de retorno
	38	Bomba inyectora
	40	Tubo de descarga
	42	Canal de descarga
	44	Tramo de tubo
15	46	Tramo de tubo
	48	Válvula de compuerta
	50	Válvula de compuerta
	52	Válvula de compuerta
	54	Válvula de compuerta
20	56	Colector
	58	Colector
	60	Aislamiento
	62	Calefacción
	64	Tubería de descarga de gas
25	66	Depósito de líquido
	68	Tubería de alimentación de gas
	70	Tramo de tubo
	72	Tubo ascendente
	74	Aberturas
30	76	Líquido
	78	Extremo de la tubería de descarga de gas
	80	Válvula de compuerta
	82	Válvula de compuerta
	84	Colector
35	86	Unidad mezcladora
	88	Intercambiador de calor
	90	Sensor de temperatura
	92	Bomba de sustrato fresco
	94	Unidad trituradora
40	96	Herramienta cortante
	98	Disco perforado
	100	Eje
	102	Tolva de llenado
	104	Accionamiento
45	106	Válvula de compuerta
	108	Parte de doble pared de la carcasa del intercambiador de calor
	110	Cierre izquierdo de la carcasa del intercambiador de calor
	112	Cierre derecho de la carcasa del intercambiador de calor
	114	Brida perforada
50	116	Tubuladura
	118	Tubuladura
	120	Cámara de transferencia de calor
	122	Tubuladura de entrada
	124	Tubuladura de salida
55	126	Tubo de transferencia de calor
	128	Entrada
	130	Salida
	132	Disco soporte
	134	Nervadura
60	136	Orificio de sujeción
	138	Cojinete
	140	Eje
	142	Accionamiento
	144	Dispositivo de limpieza
65	146	Disco limpiador
	148	Disco limpiador

- 150 Disco soporte de limpieza
- 152 Gasómetro
- 154 Tubería de alimentación de gas

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo generador de biogás a partir de materiales orgánicos, con un reactor de biogás (10) que posee una cámara de llenado (20) para introducir los materiales orgánicos y un canal de retorno (36) para la descarga, al menos parcial, de los materiales orgánicos del reactor de biogás (10), **caracterizado porque** el reactor de biogás (10) tiene además, como mínimo, una primera cámara intermedia (30) y una segunda cámara intermedia (32), de tal modo que la cámara de llenado (20), la primera cámara intermedia (30), la segunda cámara intermedia (32) y el canal de retorno (36) constituyen, por este orden, las secciones de una vía de flujo de los materiales orgánicos en una sola dirección, de dos secciones sucesivas una forma una vía de flujo ascendente y la otra una vía de flujo descendente, la cámara de llenado (20) presenta un rebosadero (22) que permite introducir los materiales orgánicos en la primera cámara intermedia (30) desde la cámara de llenado (20), la primera cámara intermedia (30) y la segunda cámara intermedia (32) están unidas en una zona por debajo de una abertura de llenado (34) del canal de retorno (36) y por encima del rebosadero (22), y la primera cámara intermedia (30) y la segunda cámara intermedia (32) se hallan dentro de un recipiente interior (18) del reactor de biogás (10).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** del canal de retorno (36) se ramifica un canal de descarga (42), de manera que el canal de descarga (42) forma una tubería comunicada con el canal de retorno (36).
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el área de la sección de la cámara de llenado (20) se estrecha en la zona del rebosadero (22).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el reactor de biogás (10) presenta una parte superior (14) que converge hacia arriba y el canto del rebosadero (22) se prolonga en la parte superior (14) de tal modo que el área de la sección de la cámara de llenado (20) se estrecha en la zona del rebosadero (22).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el reactor de biogás (10) presenta una parte inferior (16) que converge hacia abajo de modo que en el fondo de la parte inferior (16) se forma un colector (56) para sedimentos que por un lado se puede conectar con el interior del reactor de biogás (10) y por otro lado con el entorno del reactor de biogás (10).
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la parte superior del reactor de biogás (10) está conectada a una tubería de descarga de gas (64) mediante la cual se puede ejercer una presión constante dentro del reactor de biogás (10).
7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** además se prevé un depósito de líquido (66) que puede llenarse con un líquido (76), de manera que el extremo (78) de la tubería de descarga de gas (64) que sale del interior del reactor de biogás (10) se puede sumergir en el líquido (76), con lo cual la presión dentro del reactor de biogás (10) se puede ajustar mediante la profundidad de inmersión.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** también está prevista una unidad mezcladora (86), para llenar la cámara (20), que está adaptada para mezclar básicamente en relación 1:1 materiales orgánicos nuevos con materiales orgánicos extraídos del reactor de biogás (10) por el canal de descarga (36).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** también está previsto un intercambiador de calor (88) instalado aguas arriba de la cámara de llenado (20) y adaptado para precalentar mediante un fluido caliente los materiales orgánicos nuevamente aportados.
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está prevista una unidad trituradora (94) aguas arriba de la cámara de llenado (20).
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está previsto un gasómetro (152) en el cual se puede almacenar el biogás generado en el reactor (10) y que envuelve, al menos parcialmente, el reactor de biogás (10).
12. Proceso para generar biogás, que comprende las siguientes etapas:
 - introducción de materiales orgánicos en una cámara de llenado (20) de un reactor de biogás (10);
 - transporte unidireccional de los materiales orgánicos a lo largo de las secciones constituidas por la cámara de llenado (20), al menos una primera cámara intermedia (30), así como una segunda cámara intermedia (32), situadas dentro de un recipiente interior en forma de vaso (18) del reactor de biogás (10), y un canal de retorno (36), donde, de dos secciones sucesivas una forma una vía de flujo ascendente y la otra una vía de flujo descendente;
 - desgasificación de los materiales orgánicos por liberación temporal de los mismos al pasar de la cámara de llenado (20) a la primera cámara intermedia (30).

13. Proceso según la reivindicación 12, **caracterizado porque** las etapas que tienen lugar dentro del reactor de biogás (10) se desarrollan sin agitación activa de los materiales orgánicos.

5 **14.** Proceso según una de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado porque** los materiales orgánicos nuevamente introducidos se precalientan a 35°C – 37°C mediante un intercambiador de calor (88), antes de entrar en la cámara de llenado (20).

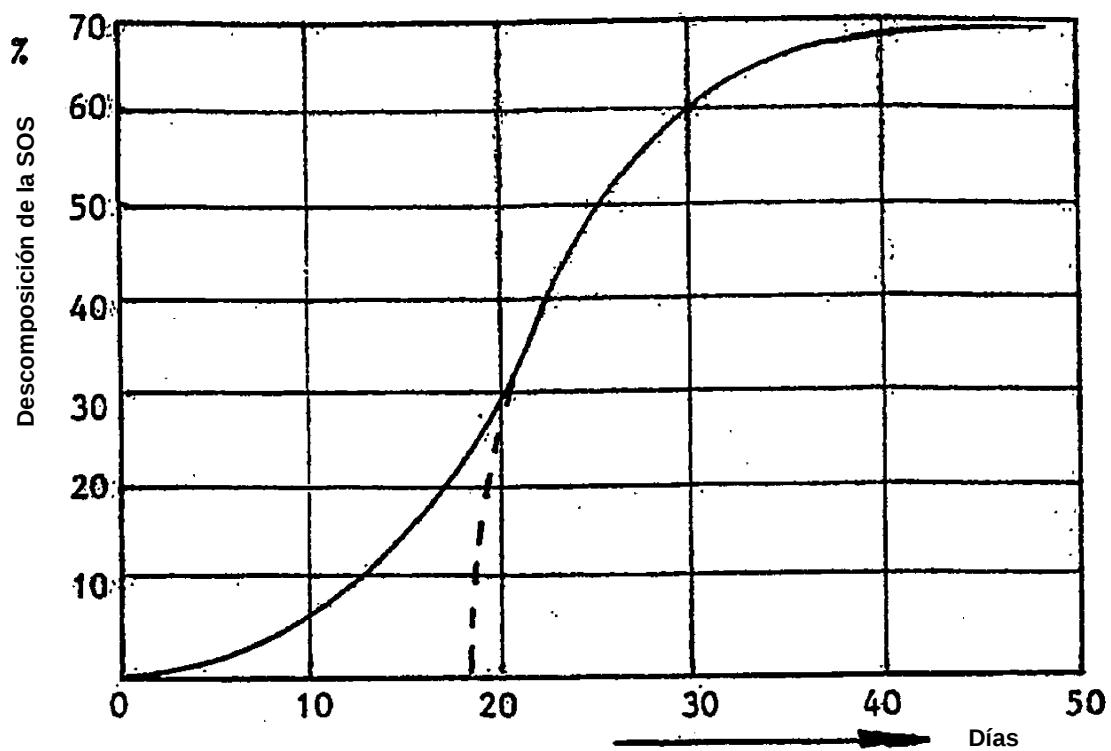
10 **15.** Proceso según una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** los materiales orgánicos introducidos en la cámara de llenado (20) son mezcla de materiales orgánicos de nueva aportación con materiales orgánicos extraídos directamente por el canal de descarga (36).

16. Proceso según la reivindicación 15, **caracterizado porque** la relación de mezcla es 1:1.

15 **17.** Proceso según una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado porque** en el interior del reactor de biogás (10) se mantiene una presión constante.

20 **18.** Proceso según una de las reivindicaciones 12 a 17, **caracterizado porque** los materiales orgánicos pueden introducirse por el rebosadero (22) de la cámara de llenado (20) en al menos una cámara intermedia (30), desde la cámara de llenado (20), y porque en la zona del rebosadero (22) los materiales orgánicos se compactan mediante un estrechamiento del área de la sección de la cámara de llenado (20).

Fig. 1



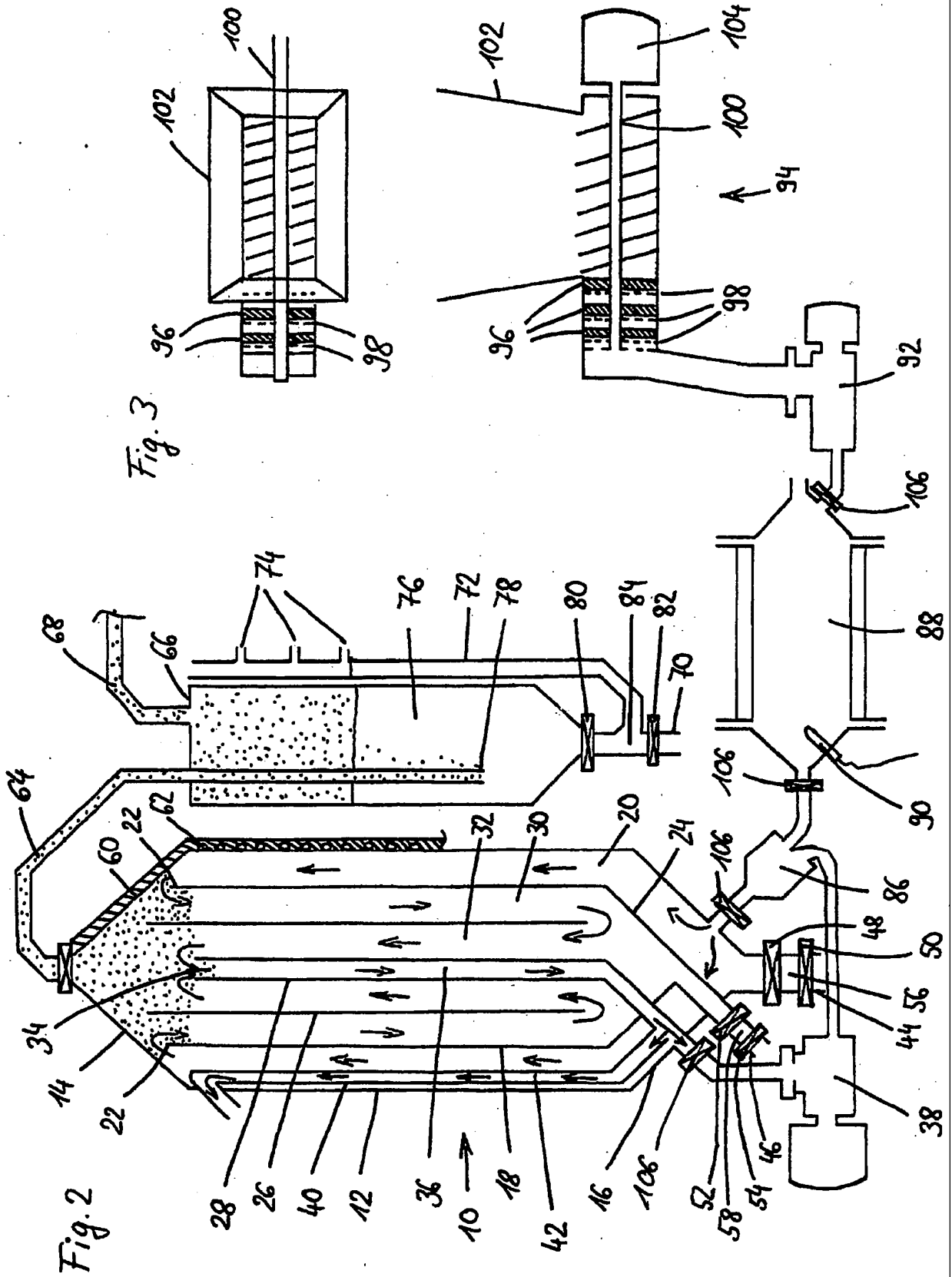
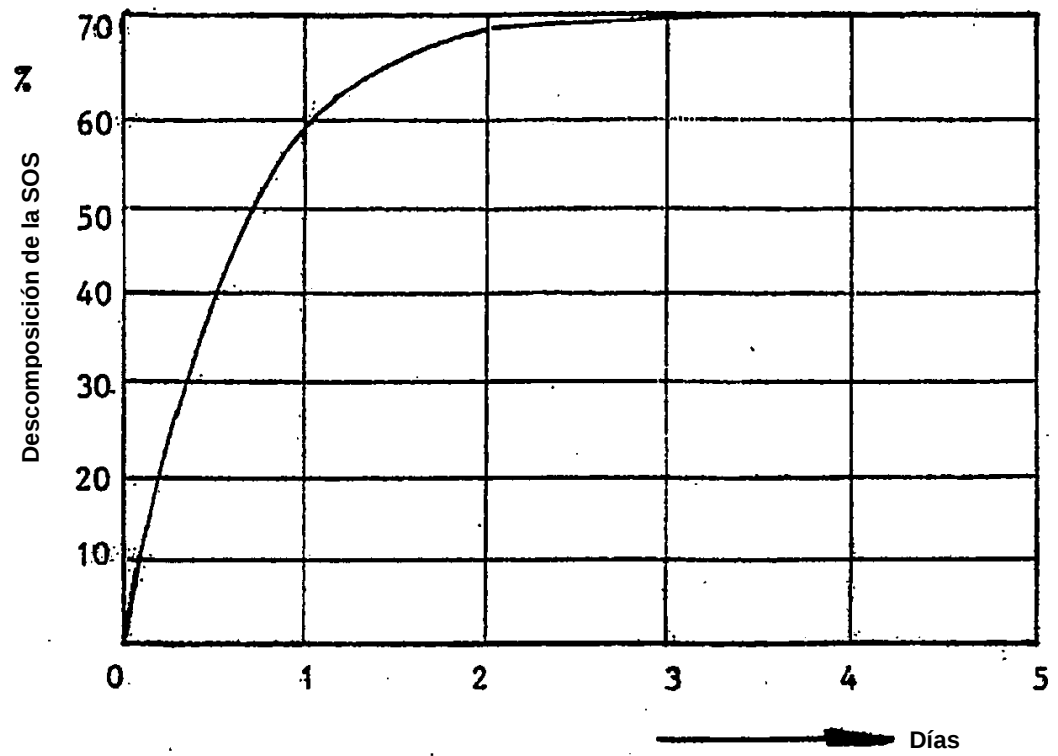


Fig. 4

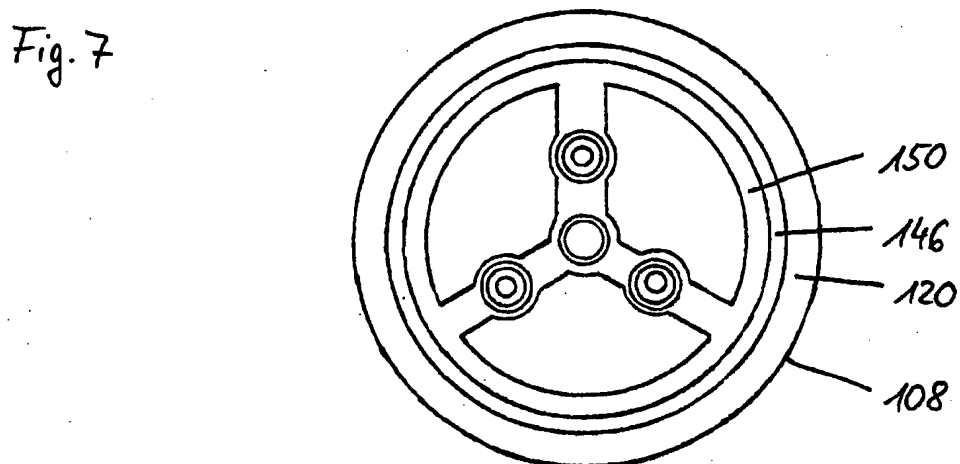
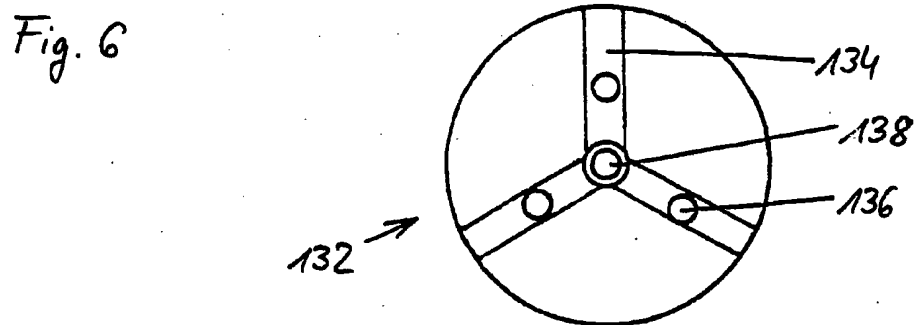
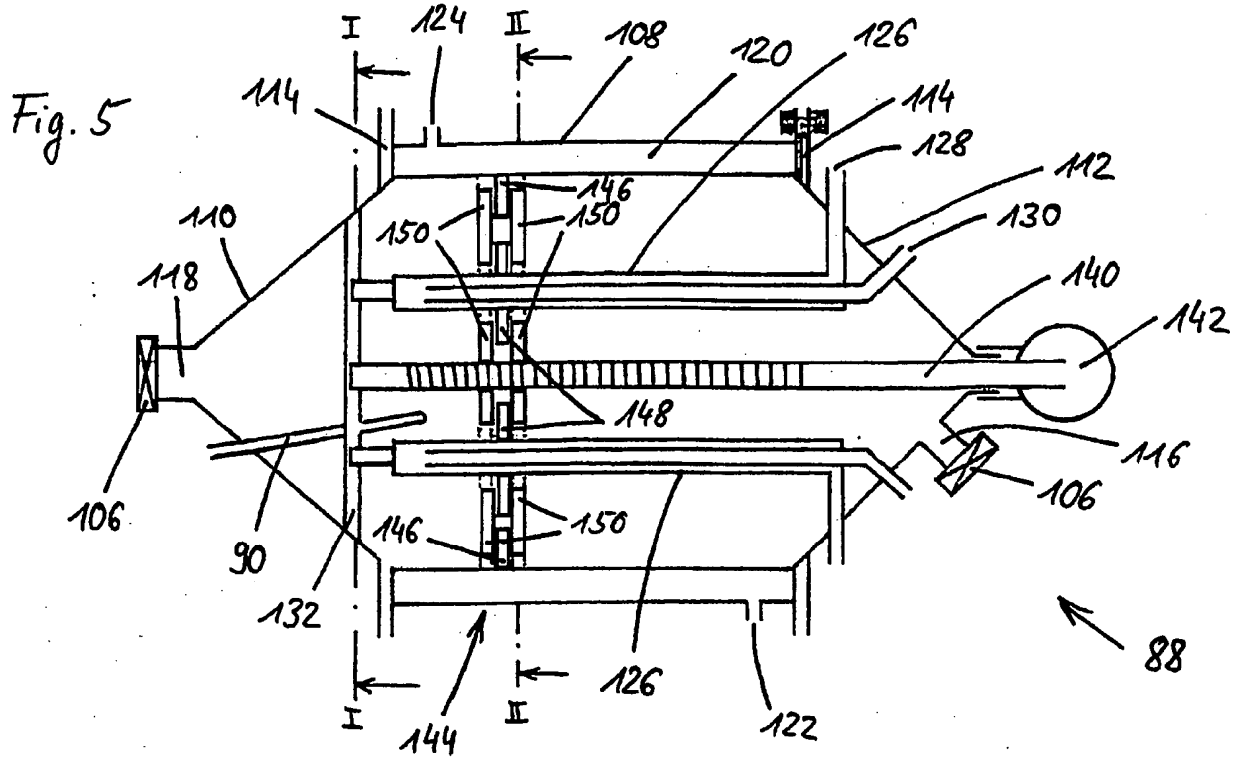


Fig. 8

